

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Remoción de sólidos suspendidos para mejorar la  
calidad de agua superficial en el sector Pampilla  
de la cuenca Azángaro, Ananea 2021**

Edison Quispe Quispe

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## AGRADECIMIENTO

A ti Dios, te doy gracias, por darme fuerza y sabiduría (Da. 2:23).

A la casa de estudios superiores Universidad Continental, por permitirme ser parte de la casa de estudios.

A Mg. Ing. Pablo C. Espinoza T. por haberme brindado conocimientos, consejos durante el desarrollo de la tesis.

Y a todas las personas que me brindaron su apoyo durante la formación profesional.

## DEDICATORIA

El presente proyecto va dedicado en especial a Edgar Quispe y Ruth Quispe mis padres, quienes fueron mi soporte y guía en mi vida.

A mis hermanos Ruth y Yuri por su apoyo y unión.

## ÍNDICE GENERAL

### CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	1
1.1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.1.2. Formulación del problema .....	3
1.1.2.1. Problema general .....	3
1.1.2.2. Problema específico .....	3
1.2. Objetivos .....	3
1.2.1. General .....	3
1.2.2. Específicos .....	3
1.3. Justificación e importancia .....	3
1.3.1. Justificación ambiental .....	5
1.3.2. Justificación social .....	5
1.4. Hipótesis y descripción de variables .....	5
1.4.1. Hipótesis general .....	5
1.4.2. Hipótesis específicas .....	5

### CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO .....	6
2.1. Antecedentes del problema .....	6
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	6
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	7
2.1.3. Antecedentes locales .....	8
2.2. Bases teóricas .....	9
2.2.1. Floculación .....	9
2.2.2. Tipos de floculación .....	9
2.2.3. Factores que influyen en la floculación .....	9

2.2.4. Tipos de floculación .....	10
2.2.4.1. Floculación Pericinética .....	10
2.2.4.2. Floculación Ortocinética .....	11
2.2.4.3. Parámetros y proceso y rendimiento posterior .....	11
2.2.4.4. Floculantes empleados en el proceso .....	12
2.2.5. Factores que influyen en el proceso de floculación.....	12
2.2.5.1. Tiempo de detención.....	12
2.2.5.2. Gradiente de velocidad.....	12
2.2.5.3. Concentración y naturaleza de las partículas .....	13
2.2.6. Sedimentación .....	13
2.3. Definición de términos básicos.....	15
2.3.1. Sólidos suspendidos.....	15
2.3.2. Sólidos suspendidos totales.....	15
2.3.3. Sólidos totales disueltos.....	15
2.3.4. Sólidos sedimentables.....	15
2.3.5. Calidad de agua .....	15

### CAPÍTULO III

METODOLOGÍA.....	16
3.1. Método y alcance de la investigación.....	16
3.1.1. Método de investigación .....	16
3.1.2. Alcance de la investigación.....	16
3.2. Población y muestra .....	16
3.2.1. Población.....	16
3.2.2. Muestra .....	16
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.3.1. Técnicas .....	16
3.3.2. Instrumentos.....	17

3.4. Procedimiento metodológico .....	17
3.4.1. Ubicación del punto de muestreo .....	17
3.4.2. Método de recojo de muestras de agua .....	19
3.4.3. Método de recojo de muestras de sedimento .....	20
3.4.4. Trabajo en laboratorio.....	20
3.4.5. Preparación de la solución .....	21
3.4.5.1. Adición de solución a muestra de agua.....	21
3.4.6. Porcentaje de remoción de sólidos suspendidos mediante floculación en las pozas de sedimentación. ....	22

#### CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	23
4.1. Propuesta de un tratamiento de remoción de sólidos suspendidos para mejorar la calidad de agua superficial en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro. ....	23
4.2. Determinar el contenido de sólidos suspendidos en el sector de Pampilla de la Cuenca Azángaro, Ananea 2021.....	25
4.3. Tratamiento para disminuir contenido de sólidos suspendidos en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro después del tratamiento propuesto, Ananea.....	27
4.3.1. Sedimentación natural.....	27
4.3.2 Sedimentación con adición de floculante.....	28
4.4. Contenido de sólidos suspendidos en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro después del tratamiento propuesto, Ananea. ....	31
4.5. Discusiones .....	38
CONCLUSIONES .....	39
RECOMENDACIÓN .....	40
REFERENCIAS .....	41
ANEXOS.....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de cuenca de un critico .....	4
<b>Figura 2.</b> Zonas de sedimentación .....	14
<b>Figura 3.</b> Punto de muestreo de la zona en estudio.....	18
<b>Figura 4.</b> Clasificación e intervalo de tamaño de partículas .....	20
<b>Figura 5.</b> Floculante DIAFLOC.....	21
<b>Figura 6.</b> Modelo propuesto del sedimentador .....	23
<b>Figura 7.</b> Contenido de sólidos suspendidos en el sector de Pampilla de la Cuenca Azángaro .....	26
<b>Figura 8.</b> Sedimentación natural .....	28
<b>Figura 9.</b> Sedimentación con floculante.....	29
<b>Figura 10.</b> Comparación de la sedimentación natural y con floculante .....	29
<b>Figura 11.</b> Comparativo de nivel de sedimentación .....	32
<b>Figura 12.</b> Porcentaje de remoción de sólidos suspendidos en las tres pruebas.....	33



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Contenido de sólidos suspendidos antes y después de la recomposición.....	25
<b>Tabla 2.</b> Estadística de muestras únicas .....	26
<b>Tabla 3.</b> Nos muestra el P - valor que se ha obtenido con la sedimentación natural ....	27
<b>Tabla 4.</b> Sedimentación natural .....	27
<b>Tabla 5.</b> Estadística de muestras emparejadas .....	30
<b>Tabla 6.</b> Prueba de muestras emparejadas .....	31
<b>Tabla 7.</b> Comparativo de nivel de sedimentación.....	32
<b>Tabla 8.</b> Porcentaje de remoción de sólidos suspendidos .....	33
<b>Tabla 9.</b> Estadística de muestras emparejadas para la prueba 1 .....	34
<b>Tabla 10.</b> Prueba de muestras emparejadas .....	35
<b>Tabla 11.</b> Estadística de muestras emparejadas para la prueba 2 .....	35
<b>Tabla 12.</b> Prueba de muestras emparejadas .....	36
<b>Tabla 13.</b> Estadística de muestras emparejadas para la prueba 3 .....	36
<b>Tabla 14.</b> Prueba de muestras emparejadas .....	37

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal proponer un tratamiento de remoción de sólidos suspendidos para mejorar la calidad de agua superficial en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021. El tipo de investigación utilizado fue experimental ya que se determinó el porcentaje de remoción de sólidos suspendidos totales mediante pruebas experimentales a escala laboratorio. En el desarrollo metodológico, se tomó en cuenta 1 punto de monitoreo (PM: 8382794,00-N, 431704,00-E) en la cual se obtuvo como muestra total de 60 litros de muestra de agua.

Las mediciones de las concentraciones de sedimento fueron realizadas por el laboratorio Laboratorios Analíticos del Sur. Se obtuvo como resultado 283 mg/L de concentración de sedimentos nivel que supera el ECA, posterior a ello se realizó un proceso experimental de tasa de sedimentación natural y con la adición de coagulante, donde se realizaron tres pruebas para determinar la tasa de sedimentación óptima siendo la prueba 2 y 3 las que cuentan un nivel de eficiencia del 91,94 % y 94,77% respectivamente.

Lo que a partir de ello se plantea la construcción de dos sedimentadores de lodos considerando los siguientes aspectos tales como que el tiempo de residencia de 5 minutos en el cual ingresa un flujo de agua de 0,0624m<sup>3</sup>/s, siendo el segundo como una posa para situaciones de alternancia mientras se realiza la limpieza de un sedimentador.

**Palabras clave:** Remoción, sólidos suspendidos, sedimentación, coagulante.

## ABSTRAC

The main objective of this research was to propose a treatment for the removal of suspended solids to improve the quality of surface water in the Pampilla sector of the Azángaro basin, Ananea 2021. The type of research used was experimental as the percentage of total suspended solids removed was determined by laboratory-scale experimental tests. In the methodological development, we took into account 1 monitoring point (PM: 8382794.00-N, 431704.00-E) in which we obtained as a total sample of 60 liters of water sample. Measurements of sediment concentrations were made by the Southern Analytical Laboratories laboratory. The result was 283 mg/L of sediment concentration level exceeding the ACE, after which an experimental process of natural sedimentation rate was carried out and with the addition of coagulant, where three tests were performed to determine the optimal sedimentation rate with test 2 and 3 having an efficiency level of 91.94% and 94.77% respectively.

What from this is proposed the construction of two sludge sedimenters considering the following aspects such as the residence time of 5 minutes in which a flow of water of 0 enters, 0624m<sup>3</sup>/s, the second being as a bed for alternating situations while cleaning a settler.

**Keywords:** Removal, suspended solids, sedimentation, coagulant.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental es un tema que ha ido ascendiendo en el transcurso de los últimos años a causa de la alteración del ecosistema de agua, suelo y aire, las cuales en su mayoría son causadas por acciones antrópicas. En la actualidad se ha ido poniendo mayor énfasis en el recurso hídrico para mantener la disponibilidad y calidad de esta. La fuente de contaminación a los cuerpos de agua, ocurre cuando estas son receptores de aguas residuales mineras las cuales no son tratadas antes de ser cargadas y estos no cumplen con ninguna normativa las cuales podría regular su descarga, lo cual es la realidad en muchos lugares del Perú. Estas aguas residuales afectan al funcionamiento natural de la vida acuática causando algún tipo de desequilibrio en su habitat. Así mismo, el aumento de la población es un factor que incrementa la necesidad del recurso hídrico, generando consecuencias directas hacia el suministro, disponibilidad y la del agua dulce de consumo humano.

En el caso de la cuenca Azángaro, el agua proveniente de estos ríos son de gran importancia, puesto que, es aprovechada por la población para usos de riego como también bebida para sus ganados, algunos de los pobladores de esta zona ignoran el grado de contaminación de las aguas del rio Azángaro, al utilizar esta agua para sus áreas de cultivo lo cual se verán afectadas así mismo sus ganados, puesto que las aguas de sus ríos carecen de calidad. Durante los últimos años las aguas de los ríos de la cuenca Azángaro han sido usados directamente sin ningún tipo tratamiento, las aguas de esta cuenca contienen diferentes desechos, microorganismos y sólidos suspendidos, por lo que surge este trabajo de investigación titulada “remoción de sólidos suspendidos totales mediante coagulación y diseño de pozas de sedimentación” dando a conocer su eficacia y tomarlo como propuesta a la hora de realizar tratamiento de las aguas.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

##### 1.1.1. Planteamiento del problema

A nivel internacional, el problema que viene generando gran incertidumbre y la cual va incrementándose es la “disponibilidad de agua dulce”, la cual es originada por diversos factores como sobreexplotación de acuíferos, escasez de lluvias, contaminación del medio natural y el crecimiento demográfico. A nivel global, son más de 1000mil millones de personas las que no poseen acceso al agua potable, hay un 80% de habitantes que no disponen de suministros de agua potable. De toda el agua dulce existente en el planeta, solo un porcentaje del 0.008% se encuentra disponible para el consumo humano. La ONU prevé que en 2030 la demanda mundial será superior en 40% a las provisiones naturales, y asume que son más de 800,000 casos de defunción por el consumo de agua contaminada.

La contaminación directa e indirecta del recurso hídrico causan un impacto ambiental afectando a cuerpos loticos y estas aguas se encuentran sobrecargada de (SST) sólidos suspendidos totales que derivan de diferentes orígenes como la minería aluvial, botaderos cercanos a ríos, afluentes de agua residuales, etc., estos son las causales de efluentes residuales que poseen alta concentración de SST, causando irresponsablemente la alteración ecológica y contaminación de diversas fuentes de agua. Estos sucesos ocasionan conflictos sociales así mismo, inquietud en las instituciones gubernamentales (1).

A nivel nacional, el Perú es considerado uno de los países con mayor reserva hídrica de Latinoamérica, y está considerado dentro de los 20 países que poseen acceso al agua dulce en gran cantidad. Las personas que habitan en la zona costera perteneciente al 65% solo el 1.7% tiene acceso al agua. a diferencia de la cuenca del Amazonas donde se encuentra el 97,7% de agua dulce de la cual el 30% son disponibles para la población. El recurso hídrico es considerado un insumo indispensable para mantener la vida, pero a causa de la contaminación de estas con sustancias extrañas, su consumo provoca

inexorables perjuicios a la salud. Lo cual, es la situación actual en diferentes zonas rurales de Perú donde los habitantes presentan disponibilidad al agua no apto para consumo humano (2).

En los ámbitos rurales el suministro de agua potable es escaso en comparación al espacio urbano, son varios los lugares poblacionales las cuales no tienen acceso a servicios de agua potable y se tiene en cuenta que las tasas de cobertura en Perú son menores. la pésima calidad y el saneamiento básico impropio son las causales de enfermedades como de prevalencias y varios casos de mortalidad (3).

A nivel regional, la provincia de Azángaro presenta las mismas problemáticas, debido a que las personas que viven a cercanías de esta cuenca utilizan el agua del río Azángaro para sus actividades cotidianas las cuales presentan alto contenido de sólidos suspendidos y otras sustancias contaminantes, a consecuencia estas aguas se encuentran sobre los rangos de los ECAs-agua.

El recurso hídrico procedente de la cuenca Azángaro es fundamental para mantener la vida y el desarrollo económico, sanitario y social de los pobladores que viven cercanos a la cuenca, de la misma manera para equilibrar los ecosistemas loticos. Frente a esto surge la necesidad de originar y/o proponer técnicas eficaces, económicas destinadas al tratamiento de aguas. (4)

A base del problema indicado, se realiza la investigación de remoción de sólidos suspendidos totales en la cuenca Azángaro mediante coagulación y diseño de pozas de sedimentación, con la intención de disminuir los sólidos suspendidos y otros contaminantes en la cuenca. Para elevar estilo de vida de los pobladores y ayudar a preservar el equilibrio medioambiental de los ecosistemas cercano a la cuenca.

## 1.1.2. Formulación del problema

### 1.1.2.1. Problema general

¿Cómo mejorar la calidad de agua superficial en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021?

### 1.1.2.2. Problema específico

- ¿Cuál es el contenido de sólidos suspendidos en el sector de Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021?
- ¿Cómo disminuir el contenido de sólidos suspendidos en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021?
- ¿Cuál es el contenido de sólidos suspendidos en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro después del tratamiento propuesto, Ananea 2021?

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. General

Proponer un tratamiento de remoción de sólidos suspendidos para mejorar la calidad de agua superficial en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021

### 1.2.2. Específicos

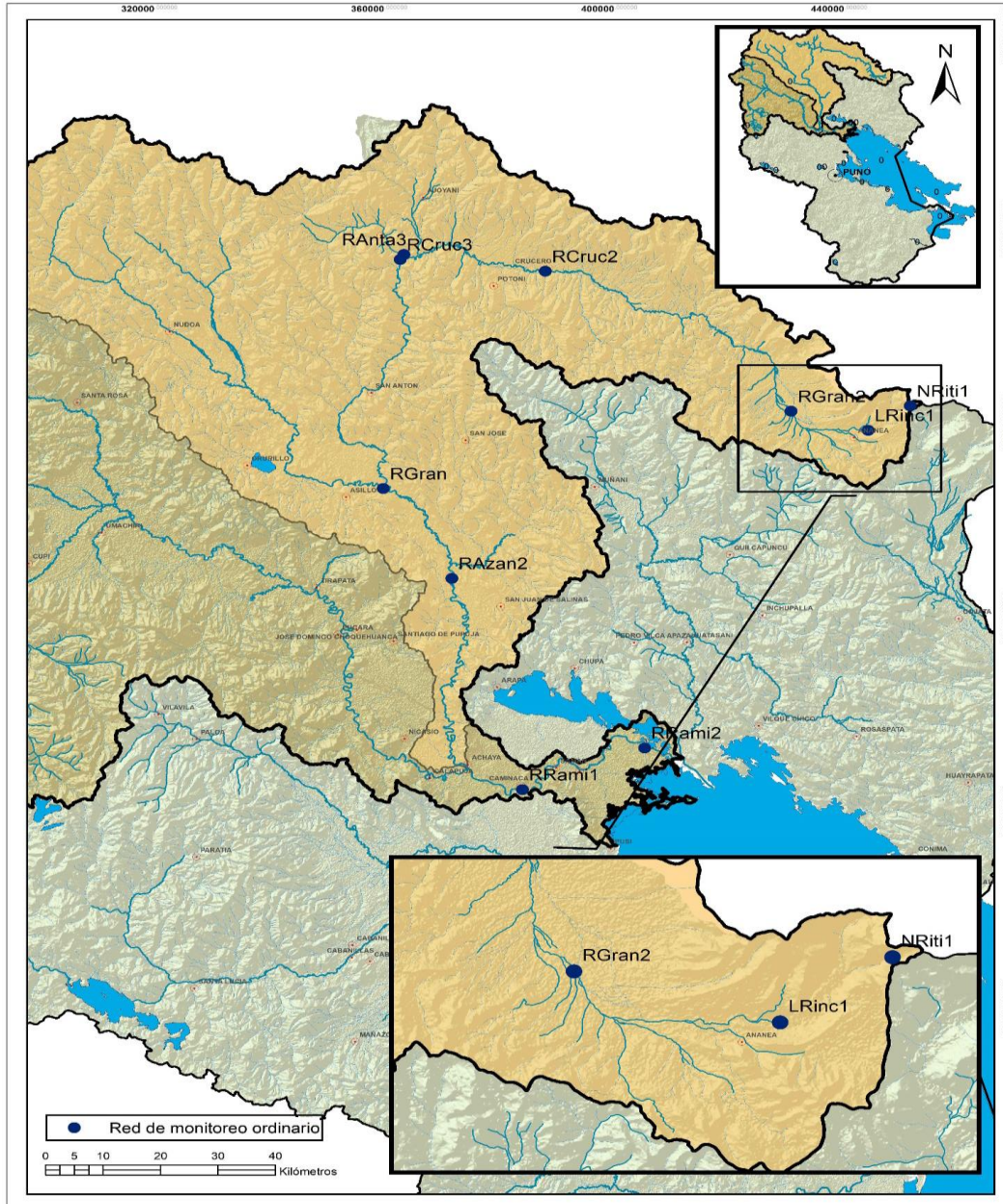
- Determinar el contenido de sólidos suspendidos en el sector de Pampilla de la Cuenca Azángaro, Ananea 2021.
- Proponer un tratamiento para disminuir contenido de sólidos suspendidos en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro después del tratamiento propuesto, Ananea 2021.
- Determinar el contenido de sólidos suspendidos en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro después del tratamiento propuesto, Ananea 2021.

## 1.3. Justificación e importancia

Los bienes que proporciona la cuenca Azángaro, son los sustentos de gran parte de las familias que viven a sus alrededores, por lo que es imprescindible mantener en óptimas condiciones el recurso de la cuenca, implementando alternativas de tratamiento de agua. Los resultados de la investigación facilitaran a las autoridades gubernamentales del distrito de Azángaro y a los profesionales competentes del

tema para que ellos puedan tomar las decisiones más adecuadas en beneficio y conservación de su cuenca y la mejora de la calidad de vida. (5)

En la figura 1. Se visualiza el mapa de recorrido de las aguas provenientes de la parte alta de la cuenca llegando hasta desembocar al lago Titicaca.



**Figura 1.** Mapa de cuenca de un crítico

Fuente: (6)



#### 1.3.1. Justificación ambiental

La realización de la investigación considera la remoción de SST (sólidos suspendidos totales presentes) por medio de la coagulación empleando pozas de sedimentación en la cuenca Azángaro. Lo cual, contribuye con mantener el equilibrio medioambiental de los ecosistemas cercano a la cuenca.

#### 1.3.2. Justificación social

La presente investigación tiene como beneficio a la población, en una mejora prestación de agua de calidad, de esta manera se proveerá diversos malestares causados por las aguas contaminadas de la cuenca Azángaro. Incrementando así el índice de desarrollo social humano.

### 1.4. Hipótesis y descripción de variables

#### 1.4.1. Hipótesis general

H0: El tratamiento de remoción de sólidos suspendidos no mejora significativamente la calidad de agua superficial en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021.

H1: El tratamiento de remoción de sólidos suspendidos mejora significativamente la calidad de agua superficial en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021.

#### 1.4.2. Hipótesis específicas

- El contenido de sólidos suspendidos será alto en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021.
- El tratamiento de remoción disminuirá el contenido de sólidos suspendidos en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021.
- El contenido de sólidos suspendidos después de aplicar el tratamiento propuesto será baja en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del problema

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

En el artículo “EVALUATION OF CHEMICAL COAGULATION – FLOCCULATION AIDS FOR REMOVAL OF SUSPENDED SOLIDS AND PHOSPHORUS FROM INTENSIVE RECIRCULATING AQUACULTURE EFFLUENT DISCHARGE” presentado en la Aquacultural Engineering, en la investigación se realizó una evaluación de dos coadyuvantes de coagulación-floculación de uso común (alumbre y cloruro férrico) para el desbordamiento del sobrenadante de los conos de sedimentación utilizados para tratar el efluente de los filtros de micro pantallas aplicando un método de recirculación intensa de acuicultura. Además de determinar la efectividad de estas ayudas para eliminar tanto los sólidos en suspensión como el fósforo, se realizó una prueba sistemática de las variables que normalmente se encuentran en el proceso de coagulación-floculación. Se llevaron a cabo pruebas para evaluar las dosis y condiciones (velocidades de agitación de mezclado y floculación, duraciones y tiempos de sedimentación) requeridas para lograr una captura óptima de residuos. La eficiencia de eliminación de ortofosfato para el alumbre y el cloruro férrico fue de 89 y 93%, respectivamente, a una dosis de 90 mg / l. La eliminación óptima de la turbidez se logró con una dosis de 60 mg / l tanto de alumbre como de cloruro férrico. Tanto el alumbre como el cloruro férrico demostraron una excelente eliminación de los sólidos en suspensión de los valores iniciales de TSS de aproximadamente 100 a 10 mg / l a una dosis de 90 mg / l. La floculación y la velocidad de mezcla jugaron solo un papel menor en las eficiencias de remoción tanto de ortofosfatos como de sólidos en suspensión. Ambos auxiliares de coagulación-floculación también exhibieron excelentes características de sedimentación, y la mayoría del flóculo sedimentó rápidamente en los primeros 5 min. (6)

### 2.1.2. Antecedentes nacionales

En la investigación titulada “OPUNTIA FICUS-INDICA COMO COAGULANTE PARA REMOCION DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES DEL EFLUENTE DE BENEFICIO EN AVICOLA LA CHACRA” tuvo como objetivo evaluar la influencia de los coagulantes hechos a partir de la Opuntia ficus-indica en la remoción de los SST presentes en las aguas residuales de la Avícola La Chacra de Huancayo. Se realizó una selección de diferentes estudios referentes a la clarificación del agua con coagulantes de Opuntia ficus-indica como referente. Para la metodología inicialmente se realizó ensayos de eficiencia. La evaluación para comprobar la efectividad se vio reflejada en los porcentajes finales de remoción en los parámetros DBO, SST, DBO5 en el proceso de sedimentación. Para los resultados la efectividad se muestra en los datos obtenidos siguientes: 65% SST, 91% de turbidez y 28% de DBO5 con la aplicación de Opuntia ficus-indica, en sustancia gel. En conclusión, Opuntia ficus-indica es efectivo para la remoción de SST y también es una alternativa viable para su aplicación.

(7)

Bravo M. y otros, en su investigación “REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS Y MATERIA ORGÁNICA DE LAS AGUAS DEL RIO POLLO EN OTUZCO EMPLEANDO SEMILLAS DE CAESALPINA SPINOSA (TARA)” tuvo como objetivo principal evaluar la aplicación del floculante extraído de semillas autóctono de Caesalpinia spinosa (Tara) como una alternativa para descontaminar aguas del rio Pollo (Otuzco-La Libertad-Perú). Para la metodología se recolectaron muestras de agua para posteriormente realizar ensayos a escala laboratorio, aplicando el proceso de Jarras, con la cual se determinó las variables como: concentración de floculante, agitación optima y velocidades. En los resultados se obtuvo los siguientes datos: velocidad de agitación de 30 rpm y 45rpm, concentración de floculante 2000ppm y 3000ppm y velocidad de agitación rápido 200rpm y 300rpm, estos resultados obtenidos afirmaron la eficiencia que posee la goma que fue extraída de las semillas de Caesalpinia spinosa (goma de tara), para disolver valores de turbidez inicial desde 42,6 NTU hasta valores mínimos de 8,92 NTU. El floculante (goma) extraído de las semillas muestra más efectividad de remoción de turbidez a una concentración de 3000ppm, 1

minuto y medio y con una velocidad de agitación 45rpm, por un lapso de 25 minutos. Los porcentajes de remociones bajo estas condiciones se dio hasta un 79,06%. a diferencia de las remociones altas de DQO de 38 % desde 821mg/l, SST de 17% desde 41mg/l hasta 34mg/l. Estos resultados están en relación a una concentración de 3000ppm de coagulante y floculante y 300rpm de velocidad durante un minuto y medio; y para la velocidad de lenta mayor a 45rpm durante los 25 minutos. Estos ensayos se realizaron a un ph neutro para todas las muestras. (2)

### 2.1.3. Antecedentes locales

En la investigación “EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES APLICANDO DOLOMITA Y SULFATO DE CALCIO EN EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE LA MINERA ALUVIAL DE ANANEA, PUNO - 2017” tuvo por objetivo principal determinar la eficiencia en la remoción de SST, aplicando  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (dolomita) y  $\text{CaSO}_4$  (sulfato de calcio) para el tratamiento de efluentes del distrito de Ananea. Para la metodología se obtuvo muestras de agua las mismas que se analizaron en el laboratorio UANCV, para la evaluación del pH se utilizó un potenciómetro y para la determinar los SST se aplicó la metodología de diferencias de pesos. Para la obtención de dosis de sulfato de calcio y dolomita optimas se realizó ensayo mecánico con las siguientes disoluciones: 3, 5, 6, 7, y 10 gramos. Para los resultados se muestran los siguientes datos como dosis optimas: 7g y 10g de dolomita y sulfato de calcio; en donde la  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (dolomita) removió 92,37% y 92,37% respectivamente, en donde el  $\text{CaSO}_4$  (sulfato de calcio) removió 88,07% y 89,92% de SST presentes en las descargas de la tolva gravimétrica de las actividades mineras. En conclusión, la  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (dolomita) a una dosis de 7g resulta ser más eficiente con valor de remoción de 92,37% de SST, mientras que  $\text{CaSO}_4$  (sulfato de calcio) a una dosis de 10g removió 89,92% de SST, en base a los resultados obtenidos la dolomita resulto ser más eficiente en la remoción de SST que el sulfato de calcio. (1).

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Floculación

Proceso por el cual las partículas se desestabilizan (coagulación) y estas forman un conglomerado (floculo) en este proceso se realiza formación de enlaces físicos. La mezcla modosa de las partículas coaguladas con diferentes tamaños microscópicos (discretas y visibles) concierne al proceso de la floculación (8) para conseguir resultados óptimos en la decantación de aguas con presencia de sustancias en suspensión y con fin de formar lodos espesos se aplica una solución de floculante.

### 2.2.2. Tipos de floculación

- Floculación pericinética

Este tipo de floculación es originado por la dinámica (movimiento) natural que realizan las moléculas de agua en relación a la energía térmica (movimiento Browniano) (9).

- Floculación ortocinética

Este tipo de floculación es a partir de la dinámica (movimiento) que realizan las moléculas de agua a partir de la inducción de una energía externa a la masa lotica. El origen de esta energía externa puede ser hidráulico y/o mecánico. (9)

### 2.2.3. Factores que influyen en la floculación

- Contenido y comportamiento (partículas)

El tiempo de creación del Floc se encuentra en relación al contenido de partículas como al tamaño inicial

- Retención (tiempo)

La aglomeración de partículas está en proporción al tiempo (detención). Para determinar la eficiencia se realiza pruebas a diferentes tiempos (menores) considerando un aumento de cámaras de floculación. En consideración a las cámaras (floculación) lo más practico es un mínimo de 3 unidades (Rodríguez, 1)

- Gradiente de velocidad

Esta variable se encuentra en relación con la velocidad de conglomeración de partículas presentes en la muestra. Posee un límite máximo de gradiente y

este no puede ser excedido puesto que se rompería el floc. En consideración a las gradientes de las cámaras estas deben estar en forma decreciente y se debe evadir gradientes intermedias elevadas.

El proceso de la floculación se encuentra a base de la conglomeración en relación a la agitación del agua como también a la desestabilización de las partículas, las mismas que forman un conglomerado de mayor dimensión (10) .

El objetivo principal del proceso de floculación es de la concentrar partículas desestabilizadas que posean un peso específico muy superior al agua (10).

Regularmente el proceso de floculación es a causa de la colisión de las partículas, en este proceso ocurre 3 dinámicas de transporte

- Floculación Browniana (pericinética). Esta se encuentra ligada al movimiento (dinámica) natural en relación a la energía térmica
- Floculación por gradiente de velocidad (ortocinética). Esta se encuentra ligada al movimiento (dinámica) a partir de la inducción de energía externa. La aplicación de estas energías puede tener orígenes hidráulicos y/o mecánicas.
- Sedimentación diferencial. En el proceso las partículas más grandes van colisionando con las pequeñas, a partir de esto dichas partículas van acumulándose en el fondo

Al mezclar la solución de coagulante a la muestra de agua empieza el proceso de coagulación desestabilizando las partículas, seguidamente las partículas más pequeñas se aglutinan a este proceso se le conoce como floculación Pericinética. (10).

#### 2.2.4. Tipos de floculación

Hay 2 tipos de floculación:

##### 2.2.4.1. Floculación Pericinética

Este tipo de floculación es originado por la dinámica (movimiento) natural que realizan las moléculas de agua en relación a la energía térmica (movimiento Browniano (11)).

#### 2.2.4.2. Floculación Ortocinética

Este tipo de floculación es a partir de la dinámica (movimiento) que realizan las moléculas de agua a partir de la inducción de una energía externa a la masa líquida. El origen de esta energía externa puede ser hidráulico y/o mecánico. (11)

##### Parámetros de la floculación

- a) Originada por su grado de agitación a partir de la energía hidráulica o mecánica (floculación ortocinética)
- b) Proporción de energía adecuada para originar la mezcla (gradiente de velocidad)
- c) Colisión de los micro flocos (veces de colisión)
- d) Tiempo que persiste la solución coagulante en el agua (tiempo de retención)
- e) Tamaño, densidad del Floc
- f) Las partículas desestabilizadas no deben sedimentarse dentro de las soluciones de floculación (volumen de lodos) (10)

#### 2.2.4.3. Parámetros y proceso y rendimiento posterior

El método de floculación es un proceso operacional unitaria la cual se desarrolla por sus características rentables. El proceso implica la desestabilización de las partículas en suspensión (12)

- 1) Calidad de floculante (colado eficiente del contenido)
- 2) Reacción de la solución del floculante en los parámetros
  - Capacidad de mezclado en relación al tiempo
  - Celeridad en la aplicación de dosis en relación a la concentración
  - Aglomeración de sólidos
  - Dimensiones de la partícula
- 3) Análisis del rendimiento

#### 2.2.4.4. Floculantes empleados en el proceso

- Floculantes minerales  
Son soluciones que presentan dos a más fases las mismas que reaccionan a las neutralización y absorción de las partículas en suspensión, los floculantes como: hidróxido férrico, bentonita.
- Floculantes orgánicos  
Los más conocidos son oriundos amfílicos, alginatos y polisacáridos (extraído de las algas) estos son solubles
- Floculantes sintéticos  
Estos floculantes son de origen sintético (catiónico, iónico y no iónico) pueden ser de diferentes dimensiones, estos poseen un peso molecular elevado. Y también son muy solubles en el agua
- Floculantes aniónicos  
Estos floculantes aniónicos son más eficaces para la concentración de Pb, Cu, Zn y C etc. Son utilizados para concentrados de pulpa de minerales de tipo inorgánico, estos en consideración a un pH alcalina o neutra.
- Floculantes no iónicos  
Estos floculantes no aniónicos son más eficaces para el contenido de Au y Fe, etc. Son utilizados para concentrados de pulpa minerales acidas.
- Floculantes catiónicos  
Estos floculantes catiónicos usualmente se utilizan para contenidos sedimentados, concentrado de minerales y lamas de mineral de hierro. Considerando un pH bajo y sólidos orgánicos. (13)

#### 2.2.5. Factores que influyen en el proceso de floculación

##### 2.2.5.1. Tiempo de detención

la celeridad con la que se aglomera las partículas está ligada en relación al tiempo de detención de las partículas (13)

##### 2.2.5.2. Gradiente de velocidad

Este factor depende de la celeridad de aglomeración por parte de las partículas de diferentes dimensiones. Este posee un límite máximo la cual evita la rotura del Floc. (13)



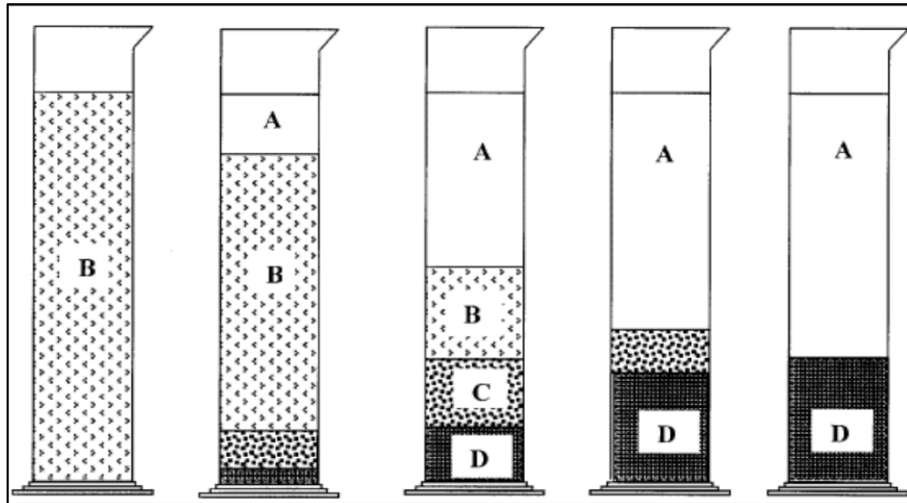
### 2.2.5.3. Concentración y naturaleza de las partículas

La celeridad con el que se forma el Floc está ligada en proporción al contenido de partículas y a las dimensiones iniciales que poseen. (13)

### 2.2.6. Sedimentación

Es un proceso la cual consta en la separación de partículas (acción de gravedad) a esto influye el peso específico que posee las diferentes partículas presentes en el agua. la sedimentación es mayormente aplicada para tratamiento de SST de aguas. El asentamiento gravitacional es la operación principal del proceso de sedimentación a esto se incluye la clarificación: para separar sólidos pertenecientes a una sustancia diluida; Espesamiento: aumenta el contenido de SST presentes (10)

- A) Separación sólida – líquido. - la finalidad de este proceso es minimizar la concentración de SS (sólidos suspensión), las mismas que son originarias de actividades de molienda, procesos de voladura y trituración. La separación sólido-líquido se obtiene por tamizaje, sedimentación, filtración, sedimentación directa y floculación. Estos métodos mencionados son los más accesibles.
  
- B) Sedimentación directa. – la finalidad de este proceso de sedimentación es de proceso sólidos-líquido consiste en la sedimentación por sus propios pesos. El tiempo y la velocidad de sedimentación de estos se ven relacionadas al peso específico, densidad, viscosidad del líquido. (10)
  
- C) Zonas de sedimentación. - para la sedimentación en zonas se realiza 4 columnas de sedimentación homogénea en la parte inferior como la superior estas están representadas de la siguiente forma: A (zona de agua clara), B (zona de concentración inicial), C (zona de concentración variable) y D (zona de compresión) (10)



**Figura 2.** Zonas de sedimentación

Fuente: (11)

D) Velocidad y tiempo de sedimentación. – para el proceso de sedimentación natural poseen gran influencia las partículas más voluminosas que el agua, las cuales se encuentran presente en el agua y son removidas por acción de la gravedad. Las partículas contaminantes como SST y otros, se encuentran en 3 estados de suspensión en el agua de acuerdo a su diámetro:  $10^{-4}$ cm, coloides entre  $10^{-4}$  y  $10^{-6}$ cm, soluciones para diámetros aún menores de  $10^{-6}$ cm. Los 3 estados mencionados de dispersión dan lugar a otros 3 tipos de procedimientos diferentes para separar los contaminantes. (10)

- El primer proceso se encuentra consignado a la separación de partículas mayores a  $10^{-4}$ cm
- En el segundo proceso involucra aglutinación de la solución coloidal para su desestabilización con la finalidad de originar flóculos las que se puedan sedimentar.
- Para finalizar el tercer proceso involucra transmutar en insolubles las sustancias solubles

## 2.3. Definición de términos básicos

### 2.3.1. Sólidos suspendidos

Los SS (sólidos suspendidos) se encuentran presentes en cualquier tipo de agua residual. Se considera a todas las partículas que se encuentran suspendidas con diámetro mayores a un micrómetro las mismas que son retenidas con el uso de membrana de filtración. (17)

### 2.3.2. Sólidos suspendidos totales

Los SST es la cantidad total de sólidos que son retenidos en las membranas de filtración en relación a una cantidad de agua. SST es un indicador que se relaciona con la cantidad de luz que atraviesa el cuerpo lotico. La cual es primordial para que exista la fotosíntesis y mantener el oxígeno. (17)

### 2.3.3. Sólidos totales disueltos

Los SDT están conformadas por sales inorgánicas como: Na, K, Ca, Mg, cloruros, sulfatos y bicarbonatos así mismo, materia orgánica presentes en el agua que tienen procedencias urbanas y/o industriales. (17)

### 2.3.4. Sólidos sedimentables

Estos sólidos contienen una característica especial la cual es su tamaño, estas partículas tienen la peculiaridad de tener una dimensión de 10micras a mas (18)

### 2.3.5. Calidad de agua

La calidad del recurso hídrico en su fase natural se encuentra determinada por la composición y contenido de sales diluidas. Para determinar la calidad que posee el agua es preciso realizar análisis al contenido o capacidad de cationes y aniones que este posee. La característica primordial aniónica del agua es: k, Na, Ca, Mg y otros compuestos iónicos bajos como Li, Na, Se y algunos metales pesados. el análisis a una determinada cantidad de estos compuestos no influye mucho sobre el efecto que ocasiona en las plantas y suelo; debido a la capacidad de intercambio que poseen y a las condiciones de solubilidad existentes entre ellos (presión osmótica) varíen (19)

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. Método y alcance de la investigación

##### 3.1.1. Método de investigación

El método de la investigación de estudio es experimental ya que se determinó el porcentaje de remoción de SS (sólidos suspendidos) mediante pruebas experimentales a escala laboratorio.

En el estudio se aplicó un diseño experimental puesto que se estableció el posible efecto de un origen manipulable, los estudios de diseño experimental manipulan ensayos, influencias, estímulos y/o tratamientos, con la finalidad de apreciar los efectos que provocan. (16)

##### 3.1.2. Alcance de la investigación

Para la investigación se utilizó un estudio aplicado, puesto que, hace referencia el estudio de un problema consignado a la solución. Estos estudios prestan más énfasis a diversas posibilidades de realizar prácticas reales todas las teorías planteadas, para dar solución al problema en objetivo. (9).

#### 3.2. Población y muestra

##### 3.2.1. Población

La investigación es experimental, en donde se ubicó puntos de muestreo, tomando como población el recurso hídrico de la cuenca Azángaro con muestras.

##### 3.2.2. Muestra

Luego de a ver reconocido los puntos y sus coordenadas para el monitoreo se tomó una muestra de 5 L del agua de 1 punto de la Cuenca Azángaro

#### 3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

##### 3.3.1. Técnicas

La recolección de datos implico elaborar un plan minucioso con una metodología la cual permitió agrupar datos destinados a un propósito en específico, por ello para el presente trabajo de investigación se utilizó las siguientes técnicas.

- Revisión bibliográfica
- Observacional

### 3.3.2. Instrumentos

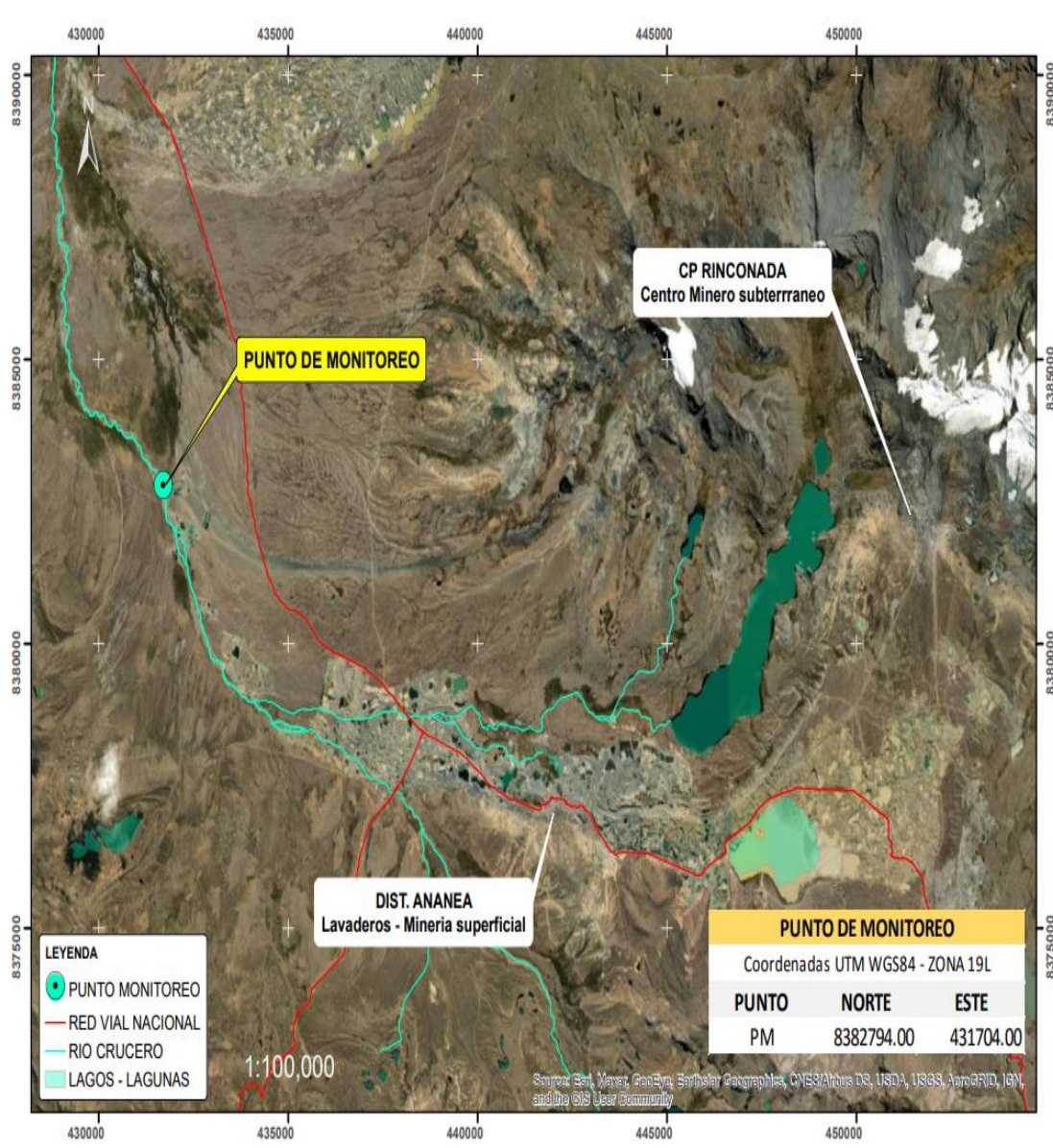
Los instrumentos son aquellos medios físicos o virtuales que utiliza el investigador para recolectar datos que conlleva a medir una o más variables, por ello los instrumentos aplicados fueron:

- Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos Hídricos Superficiales – ANA.
- “Procedimiento de toma de muestras de sedimentos para la determinación de la radiactividad ambiental” – España.
- Laboratorio.

## 3.4. Procedimiento metodológico

### 3.4.1. Ubicación del punto de muestreo

El punto de muestreo a fin de tener una mayor representatividad y en consideración al acceso y al transporte, está definido mediante coordenadas UTM haciendo el uso de GPS (sistema de posicionamiento satelital) de manera que permitió su ubicación exacta; también se ha previsto la recolección de un volumen de 5 L de agua y la obtención de muestras de sedimentos del punto indicado en la figura 3.



**Figura 3.** Punto de muestreo de la zona en estudio

Fuente : Elaboración propia

### 3.4.2. Método de recojo de muestras de agua

Para la obtención de recolección de muestra se tomaron los criterios descritos en el protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos Hídricos Superficiales - ANA (18), que nos asegurara la calidad de monitoreo. Así también para que no se modifique su composición, se tomó aspectos importantes como:

- Mantener cero contactos con el interior del frasco o parte interna de la tapa, y mantenerlo fuera del alcance de otros contaminantes al momento de obtener la muestra.
- Al momento de recoger la muestra se introduce el frasco bajo el agua llenándolo no completamente, para proporcionar dejando un pequeño espacio de aire para facilitar la agitación durante la etapa de análisis.
- Las muestras serán analizadas en un laboratorio acreditado para tal fin.

Consideraciones para la toma de muestras:

- Colocarse los EPPs a la de obtención de muestras
- Los frascos o envases de muestreo deben ser enjuagados como mínimo de 2 a 3 veces, esto con la intención de eliminar sustancias que puedan alojarse en el interior del envase o frasco
- Considerando el análisis a realizarse, se debe recoger la muestra en el frasco dejando un espacio para facilitar su agitación, se hace el uso de un preservante y luego se pasa a cerrar herméticamente.
- Las muestras obtenidas serán debidamente etiquetadas y descrita con letra clara y legible, esto debe estar en relación con lo declarado.

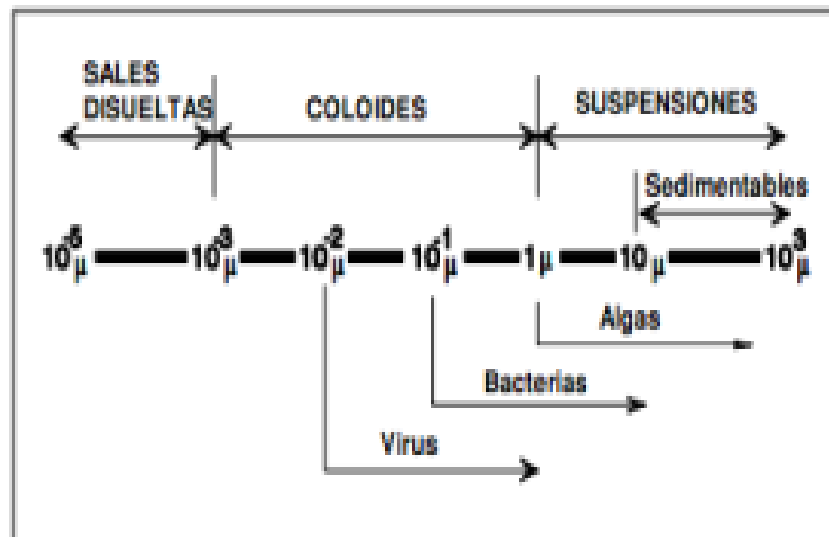
### 3.4.3. Método de recojo de muestras de sedimento

No se contó con guía específica, por lo que se trabajó con referencia al “Procedimiento de toma de muestras de sedimentos para la determinación de la radiactividad ambiental” - España que indica procedimientos similares para la obtención de lodos (23).

Durante el proceso de muestreo se obtuvo información que días anteriores la autoridad competente realizó a casi en su totalidad de las acciones mineras realizadas en la zona perturbando la muestra.

### 3.4.4. Trabajo en laboratorio

Según la clasificación e intervalo de tamaños de partículas presentes en el agua, el contenido de los sólidos totales de un agua natural o residual se puede decir lo siguiente:



**Figura 4.** Clasificación e intervalo de tamaño de partículas presentes en el agua

Fuente : (24)

“La discrepancia primordial entre flocculantes y coagulante se basa en que las fuerzas repulsivas que existe entre las partículas coloidales son anuladas por el coagulante, dando lugar a creación de microflóculos, por otra parte, el flocculante acumula estos microflóculos proporcionando más densidad y volumen haciendo más fácil su sedimentación”



Ante esto, para el acceso y alcance al reactivo se realizó la adquisición de un floculante aniónico denominado DIAFLOC 5002VV.



**Figura 5.** Floculante DIAFLOC

Fuente : Elaboración propia

#### 3.4.5. Preparación de la solución

Para formar la mezcla se aplicó 1 a 2g de floculante para 10 L de agua en cada solución, la mezcla se realizó en agua de pileta a temperatura ambiente. Se realizó una mezcla de aproximadamente 10 minutos, posterior a eso se realizó el reposo de 50 minutos y finalmente se realizó nuevamente la mezcla removiendo toda la solución.

##### 3.4.5.1. Adición de solución a muestra de agua

- Se preparo la muestra de agua 1 L en un recipiente de litro y medio.
- Se realizo la medición de la solución de 5 ml o 20 ml según prueba en una jeringa.
- Se realizo la adición de la solución a la muestra de agua.
- Inmediatamente se procedió a realizar una la mezcla homogénea por un tiempo de 1 minuto.
- Se procedió a verter la muestra a la probeta de 1 L.
- Se procedió a medir el tiempo(establecido) de sedimentación con un cronometro.

- Para los casos para enviar la muestra a laboratorio, se realiza la extracción del agua sin sedimentos después de cumplir los 5 minutos, las cuales fueron enviadas a laboratorio.

#### 3.4.6. Porcentaje de remoción de sólidos suspendidos mediante floculación en las pozas de sedimentación.

El agua ya tratada en la poza de sedimentación mediante floculación, fue enviada nuevamente al laboratorio para el análisis de la concentración de Sólidos Suspendidos Totales, para así determinar el porcentaje de remoción según la siguiente formula:

$$\% \text{ remocion} = \frac{C_i - C_f}{C_i} * 100$$

Donde:

$C_i$  = Concentración inicial (mg/L)

$C_f$  = Concentración final (mg/L)

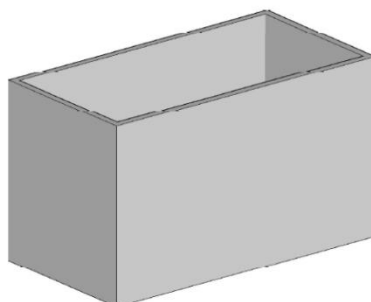
## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### **4.1. Propuesta de un tratamiento de remoción de sólidos suspendidos para mejorar la calidad de agua superficial en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro.**

Para mejorar la calidad de agua de los SST en agua superficial del rio Azángaro, se plantea dos sedimentadores con las mismas características; Con respecto al segundo sedimentador servirá como un proceso alternativo, para utilizarlo al momento de la limpieza de los lodos del primer sedimentador.

En la Figura 6. Se aprecia las características del sedimentador propuesto, presentando las siguientes características: 2,5 metros de altura, 2 metros de anchura con un tiempo de residencia de 5 minutos. En el cual ingresa un flujo de agua de 0,0624 m<sup>3</sup>/s con tiempo de residencia de 5 minutos más un 30 % de factor de seguridad que producirá agua de buena calidad.



**Figura 6.** Modelo propuesto del sedimentador

Fuente : Elaboración propia

#### **a) Cálculo del volumen del agua**

El volumen del agua que presentará el sedimentador dependerá de la siguiente formula:

$$V = T * Q$$

Donde:

V= Volumen (m<sup>3</sup>)

T= tiempo de residencia (seg.)

Q= Caudal de flujo (m<sup>3</sup>/s)

Reemplazando:

$$V = (5 * 60) * 0.0624$$

$$V = 18.72m^3$$

El volumen de agua que presentará el sedimentador será de 18.72m<sup>3</sup>

### **b) Cálculo de la velocidad horizontal del flujo de agua**

El cálculo de la velocidad horizontal del flujo de agua en el sedimentador dependerá de la siguiente formula:

$$VH = \frac{Q}{A}$$

Donde:

VH= Velocidad horizontal del flujo (m/s)

Q= Caudal del flujo (m<sup>3</sup>/s)

A= Área del flujo (m<sup>2</sup>)

Reemplazando:

$$VH = \frac{0.062}{2.50 * 2.00}$$

$$VH = 0.0124m/s$$

La velocidad horizontal del flujo será de 0.0124m/s

### **c) Cálculo de la Longitud del sedimentador**

Para el cálculo de la longitud (ancho) del sedimentador se empleará la siguiente formula:

$$L = T * VH$$

Donde:

L= Longitud del sedimentador (m)

T= tiempo de residencia (seg.)

VH= Velocidad horizontal del flujo (m/s)

Reemplazando:

$$L = 300 * 0.0124$$

$$L = 3.72m = 4.00m$$

La longitud del sedimentador será de 4 metros

#### **4.2. Determinar el contenido de sólidos suspendidos en el sector de Pampilla de la Cuenca Azángaro, Ananea 2021.**

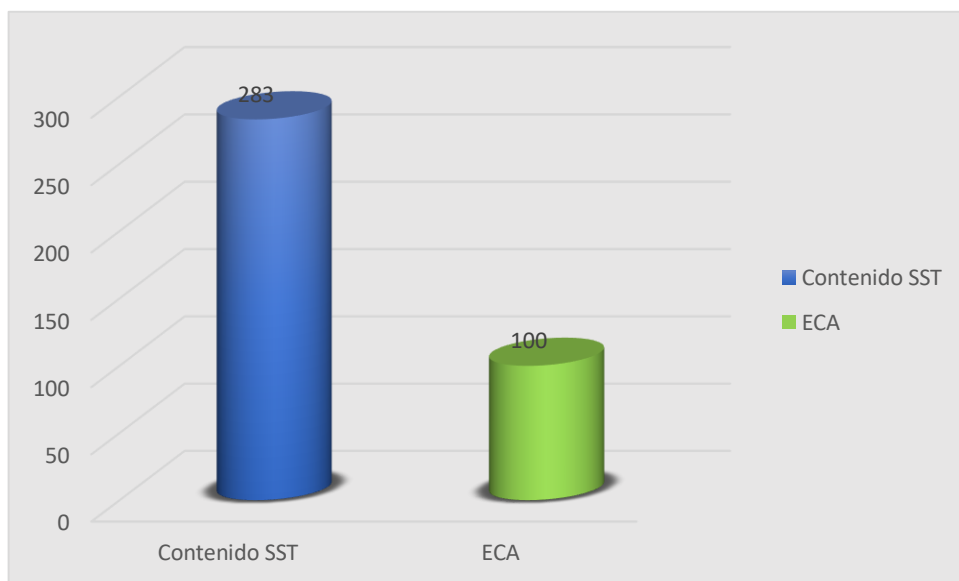
La tabla 1. Nos muestra el contenido de sólidos suspendidos, debido a la actividad realizada aguas arriba, donde se puede evidenciar alto contenido SST, sobrepasa el rango permitido establecido por el ECA.

**Tabla 1.** Contenido de sólidos suspendidos en el agua superficial en el sector Pampilla de la Cuenca Azángaro.

<b>MUESTRA</b>	<b>TIPO</b>	<b>RESULTADOS</b> <b>SST</b> <b>(mg/L)</b>	<b>ECA</b> <b>Cat. 4: E2:</b> <b>Ríos</b>
<b>M</b>	Muestra del rio	283,00	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Nos muestra una concentración de 283 mg/L de sólidos suspendidos totales, donde se puede observar alto contenido de sólidos suspendidos totales en el sector Pampilla, estos resultados comparados con los estándares de calidad ambiental (ECA), sobrepasan el rango establecido.



**Figura 7.** Contenido de sólidos suspendidos en el sector de Pampilla de la Cuenca Azángaro

Fuente : Matriz de datos Excel

### Contratación específica 1:

#### Hipótesis específica 1:

$H_1$  = El contenido de sólidos suspendidos será alta en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021.

$H_0$  = El contenido de sólidos suspendidos será alta en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021.

La tabla 2. Nos indica la sedimentación natural durante un tiempo determinado de 0.0 a 5.0 minutos, se ha obtenido una media de 664,545. Esto sucedió con la muestra inicial.

**Tabla 2.** Estadística de muestras únicas

	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Muestra 1	11	664,5455	416,47001	125,57043

Fuente: Matriz de datos SPSS

La tabla 3. Nos muestra que, mediante la prueba estadística T Student se determinó el P-Valor de 1,00, comparado con el valor alfa de 0,05 es mayor.

**En conclusión:** De acuerdo a los resultados de la prueba estadística se ha obtenido un p-valor mayor que el alfa. Por lo tanto, aceptamos la hipótesis  $H_1$  = El contenido de sólidos suspendidos será alta en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021.

**Tabla 3.** Nos muestra el P - valor que se ha obtenido con la sedimentación natural

<b>Valor de prueba = 664,55</b>						
	t	gl	Sig.	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Muestra 1	,000	10	1,000	-,00455	-	279,7838
					279,7929	

Fuente: Matriz de datos SPSS

### 4.3. Tratamiento para disminuir contenido de sólidos suspendidos en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro después del tratamiento propuesto, Ananea.

#### 4.3.1. Sedimentación natural

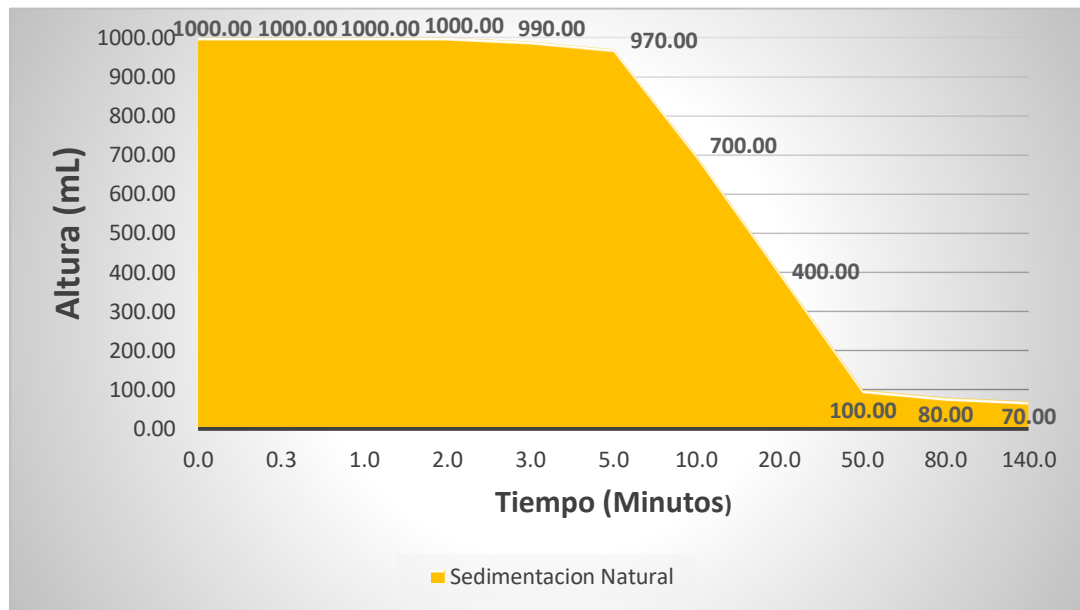
La tabla 4. Nos muestra la sedimentación natural, donde nos indica los resultados sin la adición de ningún floculante, de acuerdo al tiempo determinado (min/seg).

**Tabla 4.** Sedimentación natural, sin floculante

<b>Sedimentación natural</b>		
Nº	TIEMPO (min)	Sedimentación Natural (ml)
T0	0,0	1000,00
T1	0,3	1000,00
T2	1,0	1000,00
T3	2,0	1000,00
T4	3,0	990,00
T5	5,0	970,00
T6	10,0	700,00
T7	20,0	400,00
T8	50,0	100,00
T9	80,0	80,00
T10	140,0	70,00

Fuente: Elaboración propia

La figura 8. Nos muestra que, el valor máximo se ha obtenido en 0,0; 0,3; 1,0 y 2,0 minutos con un valor de 1000 ml ; el valor mínimo se ha obtenido en 140 minutos con 70 ml. Se puede evidenciar que a mayor tiempo disminuye la sedimentación.



**Figura 8. Sedimentación natural**

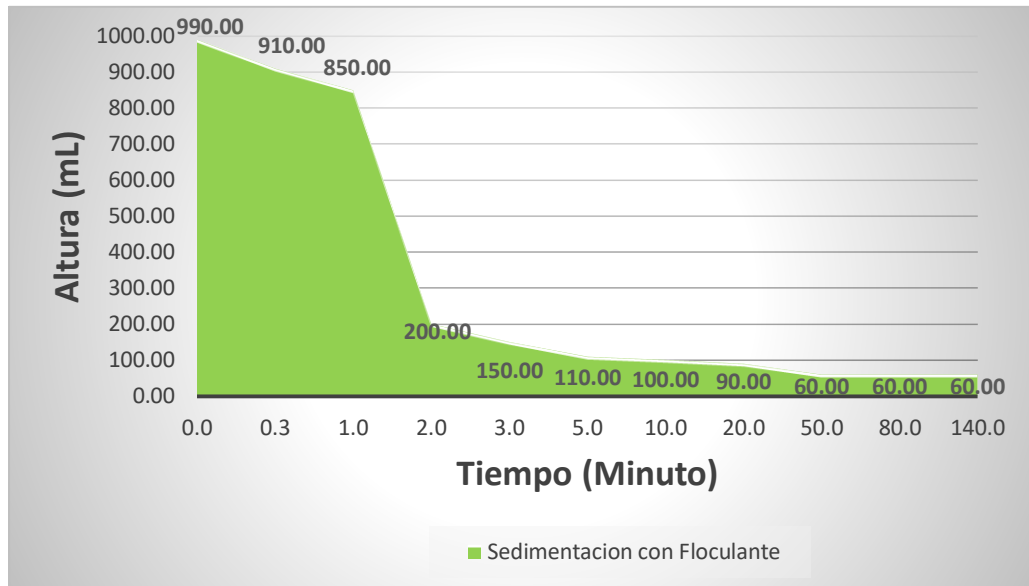
Fuente : Matriz de datos excel

#### 4.3.2 Sedimentación con adición de floculante

Sedimentación con adición de floculante (200 ml), para la adición del floculante se adicionó 200 ml de floculante preparado (10 L de agua con 1 g de floculante). Asimismo, antes de verter la mezcla se tuvo que realizar una homogenización por un periodo de un minuto.

La figura 9. Nos muestra que a un tiempo de 0,0;0.3;1.0 minutos, la sedimentación con adición de floculante se encuentra dentro del rango 990; 910;850 ml; el valor mínimo se ha obtenido en 150 min con 60ml. Se puede evidenciar que a mayor tiempo disminuye.

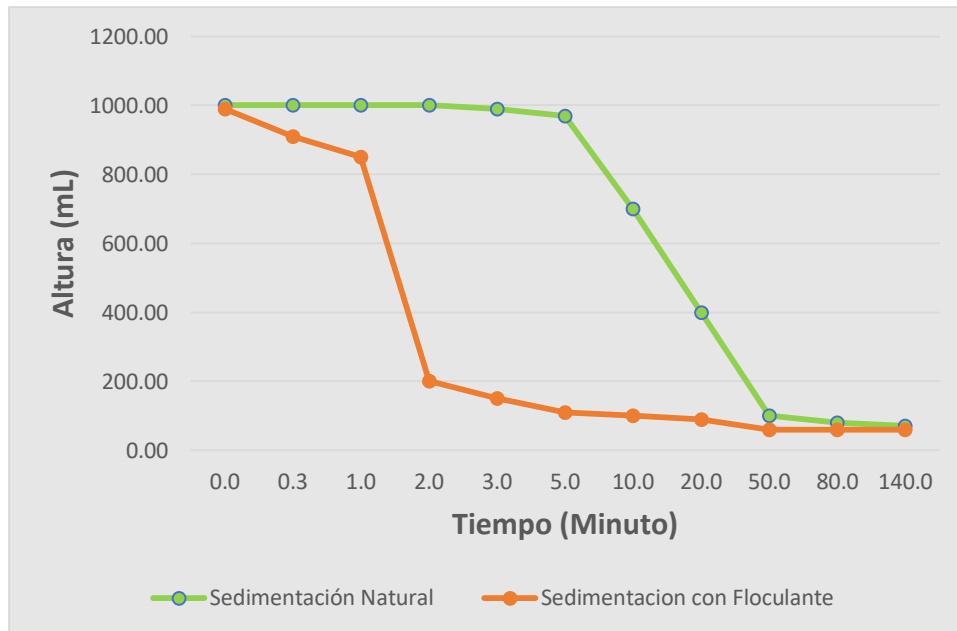




**Figura 9.** Sedimentación con floculante

Fuente : Matriz de datos excel

La figura 10. Nos muestra el análisis comparativo de sedimentación natural y con floculante. Donde se ha obtenido que, la muestra con floculante, valor máximo 990 y mínimo 60. Mientras sin floculante se ha obtenido como valor máximo y mínimo 70.



**Figura 10.** Comparación de la sedimentación natural y con floculante

Fuente : Matriz de datos excel

## Contratación de hipótesis

### Hipótesis específica 2:

$H_1$  = El tratamiento de remoción disminuirá el contenido de sólidos suspendidos en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021.

$H_0$  = El tratamiento de remoción no disminuirá el contenido de sólidos suspendidos en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021.

La tabla 5. Nos indica la sedimentación natural y con floculante, donde se ha obtenido una media de 664,545 y después del tratamiento 325,45. Esto sucedió con la sedimentación natural y con sedimentación con floculante

**Tabla 5.** Estadística de muestras emparejadas

	<b>Media</b>	<b>N</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Media de error estándar</b>
Sedimentación natural	664,54 55	11	416,47001	125,57043
Sedimentación con floculante	325,45 45	11	383,28485	115,56473

Fuente: Matriz de datos SPSS

Tabla 6. Mediante la prueba estadística T Student se determinó el P- Valor de 0.011, comparado con el valor alfa de 0.05 es menor.

**En conclusión:** De acuerdo a los resultados de la prueba estadística se ha obtenido un p-valor, menor que el alfa. Por lo tanto, aceptamos la hipótesis  $H_1$  = El tratamiento de remoción disminuirá el contenido de sólidos suspendidos en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021.

**Tabla 6.** Prueba de muestras emparejadas

	<b>Prueba de muestras emparejadas</b>					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Mediana	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Sedimentación natural – Sedimentación con floculante	339,0 9091	361,8 4125	109,0 9924	96,00 265	582,1 7917	3,1 08	10	,011

#### **4.4. Contenido de sólidos suspendidos en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro después del tratamiento propuesto, Ananea.**

Para determinar el contenido de sólidos suspendidos se comenzó con la preparación del floculante, donde se realizó lo siguiente: Se preparó 10 L de floculante preparado, de las cuales se ha requerido 10 L de agua; 2 gramos de floculante.

La muestra de agua se ha recompuesto, donde se ha utilizado 10 L de agua; 500 gramos de lodo (material recogido de río del punto de análisis). Para la mezcla se utilizó de 1 L de agua con la adición de 20 ml de floculante preparado, inicialmente se realizó la combinación en un recipiente donde posteriormente se procedió a mezclar por un lapso de un minuto y finalmente disponer en las probetas de 1 L.

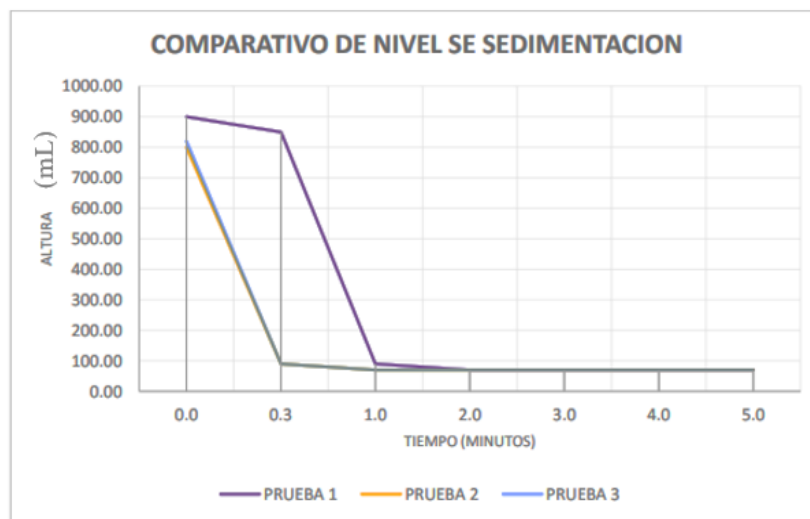
Se realizó 3 pruebas, donde a continuación se muestra los resultados.

La tabla 7. Nos muestra el nivel comparativo del nivel de sedimentación en las 3 pruebas realizadas.

**Tabla 7.** Comparativo de nivel de sedimentación

PERIODO	TIEMPO	PRUEBA	PRUEBA	PRUEBA
		1	2	3
		ALTURA	ALTURA	ALTURA
		(mL)	(mL)	(mL)
1	0,0	900	800	820
2	0,3	850	90	90
3	1,0	90	70	70
4	2,0	70	70	70
5	3,0	70	70	70
6	4,0	70	70	70
7	5,0	70	70	70

La figura 11, Nos muestra el nivel de sedimentación en las tres muestras aplicadas, Donde en la prueba 1 existe una variación a consecuencia de que durante la mezcla con el floculante fue más brusca. En las pruebas 2 y 3 existe una semejanza ya que durante la mezcla con el floculante fue una velocidad moderada.



**Figura 11.** Comparativo de nivel de sedimentación

Fuente : Matriz de datos de excel

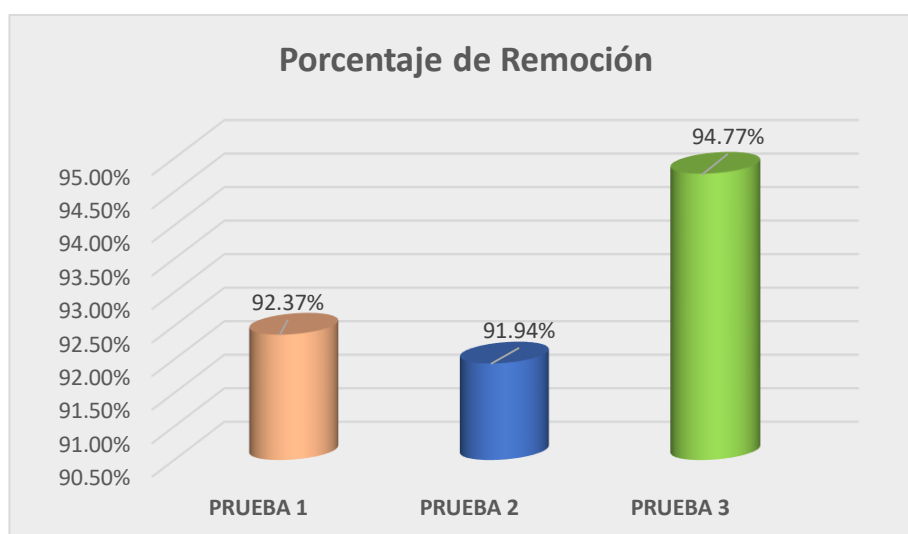
La tabla 8. Nos muestra concentración final, así mismo el porcentaje de remoción en las tres pruebas aplicadas.

**Tabla 8.** Porcentaje de remoción de sólidos suspendidos

<b>Muestra</b>	<b>Tipo</b>	<b>Resultado SST (mg/L)</b>	<b>Eficiencia de remoción</b>
<b>Análisis 3</b>	PRUEBA 1	21,6	92,37 %
<b>Análisis 4</b>	PRUEBA 2	22,8	91,94 %
<b>Análisis 4</b>	PRUEBA 3	14,8	94,77 %

La figura 12. Nos muestra el porcentaje de remoción, se ha obtenido 92,37% en la prueba 1; 91,94 % en la prueba 2; 94,77% en la prueba 3. Se puede evidenciar que en la prueba 3 se ha obtenido mayor porcentaje de remoción. Debido que en la prueba 1 existe una variación a consecuencia de que durante la mezcla con el floculante fue más brusca. En las pruebas 2 y 3 existe una semejanza ya que durante la mezcla con el floculante fue una velocidad moderada.

La eficiencia promedio de remoción de SST es de 93,03 % con la adición de 200 gramos con una concentración de 2 gramos de floculante en 10 L de agua.



**Figura 12.** Porcentaje de remoción de sólidos suspendidos en las tres pruebas

Fuente : Matriz de datos excel

## Contratación de hipótesis

### Hipótesis específica 3:

#### a) Prueba 1

$H_1$  = El contenido de sólidos suspendidos después de aplicar el tratamiento propuesto es baja en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021.

$H_0$  = El contenido de sólidos suspendidos después de aplicar el tratamiento propuesto no es baja en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021.

La tabla 9. Nos indica que antes del tratamiento se ha obtenido una media de 951,42 y después del tratamiento 302,85. Esto sucedió con la primera prueba.

**Tabla 9.** Estadística de muestras emparejadas para la prueba 1

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Prueba 1	Prueba antes	951,4286	7	111,41941	42,11258
	Prueba después	302,8571	7	391,18258	147,85312

La tabla 10. Mediante la prueba estadística T Student se determinó el P- Valor de 0.004, comparado con el valor alfa de 0.05 es menor.

**En conclusión:** De acuerdo a los resultados de la prueba estadística se ha obtenido un p-valor, menor que el alfa. Por lo tanto, aceptamos la hipótesis  $H_1$  = El contenido de sólidos suspendidos después de aplicar el tratamiento propuesto es baja en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021.

**Tabla 10.** Prueba de muestras emparejadas

<b>Prueba de muestras emparejadas</b>								
	Diferencias emparejadas					t	g	Sig.
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Prueba antes	648,57143	372,89089	140,93951	303,70487	993,43799	4,602	6	0,004
Prueba después								

**b) Prueba 2**

**Hipótesis específica 03:** El contenido de sólidos suspendidos después de aplicar el tratamiento propuesto será baja en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021.

La tabla 11. Nos indica que antes del tratamiento se ha obtenido una media de 951,42 y después del tratamiento 177,14. Esto sucedió con la segunda prueba.

**Tabla 11.** Estadística de muestras emparejadas para la prueba 2

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Prueba 2	Prueba antes	951,4286	7	111,41941	42,11258
	Prueba después	177,1429	7	274,75530	103,84774

La tabla 12. Mediante la prueba estadística T Student se determinó el P- Valor de 0,000, comparado con el valor alfa de 0,05 es menor.

**En conclusión:** De acuerdo a los resultados de la prueba estadística se ha obtenido un p-valor, menor que el alfa. Por lo tanto, aceptamos la hipótesis  $H_1$  = El contenido de sólidos suspendidos después de aplicar el tratamiento propuesto es baja en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021.

**Tabla 12.** Prueba de muestras emparejadas

Prueba de muestras emparejadas							
	Med ia	Desvia ción estánd ar	Diferencias emparejadas		t	g l	Sig. (bilat eral)
			Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferior Superior			
Prueba antes – Prueba después	774, 285 71	275,24 881	104,034 27	519,723 03	1028,84 840	7,44 6 3	,000

### c) Prueba 3

**Hipótesis específica 03:** El contenido de sólidos suspendidos después de aplicar el tratamiento propuesto será baja en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021.

La tabla 13. Nos indica que antes del tratamiento se ha obtenido una media de 951,42 y después del tratamiento 180,00. Esto sucedió con la tercera prueba.

**Tabla 13.** Estadística de muestras emparejadas para la prueba 3

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Prue ba 3	Inicio	951,428 6	7	111,41941	42,11258
	Prueba 3	180,000 0	7	282,31188	106,70386

Tabla 14. Mediante la prueba estadística T Student se determinó el P- Valor de 0,000, comparado con el valor alfa de 0,05 es menor.

**En conclusión:** De acuerdo a los resultados de la prueba estadística se ha obtenido un p-valor, menor que el alfa. Por lo tanto, aceptamos la hipótesis  $H_1$  = El contenido de sólidos



suspendidos después de aplicar el tratamiento propuesto es baja en el sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea 2021.

**Tabla 14.** Prueba de muestras emparejadas

		<b>Prueba de muestras emparejadas</b>					t	gl	Sig. (bilateral)
		Diferencias emparejadas							
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
<b>Prueba 3</b>	Inicio - Prueba 3	771,42	282,2	106,66	510,41	1032,4377	7,23	6	,000
		857	1910	879	944	0	2		

#### 4.5. Discusiones

Estos resultados comparados son diferentes con CHAMBI, (2019), en donde el  $\text{CaSO}_4$  (sulfato de calcio) removió 88,07% y 89,92% de SST presentes en las descargas de la tolva gravimétrica de las actividades mineras. En conclusión, la  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (dolomita) a una dosis de 7g resulta ser más eficiente con valor de remoción de 92,37% de SST, mientras que  $\text{CaSO}_4$  (sulfato de calcio) a una dosis de 10g removió 89,92% de SST, en base a los resultados obtenidos la dolomita resulto ser más eficiente en la remoción de SST que el sulfato de calcio (1). Mientras que BRAVO, (2016) nos muestra porcentajes de remociones bajo estas condiciones se dio hasta , SST de 17% desde 41mg/L hasta 34mg/l. Estos resultados están en relación a una concentración de 3000ppm de coagulante y floculante y 300rpm de velocidad durante un minuto y medio; y para la velocidad de lenta mayor a 45rpm durante los 25 minutos. Estos ensayos se realizaron a un pH neutro para todas las muestras (2). EVELING, (2003) nos muestra que tanto el alumbre como el cloruro férrico demostraron una excelente eliminación de los sólidos en suspensión de los valores iniciales de TSS de aproximadamente 100 a 10 mg / la una dosis de 90 mg / L. La floculación y la velocidad de mezcla jugaron solo un papel menor en las eficiencias de remoción tanto de ortofosfatos como de sólidos en suspensión. Ambos auxiliares de coagulación-floculación también exhibieron excelentes características de sedimentación, y la mayoría del flóculo sedimentó rápidamente en los primeros 5 min (6). Por último, GABINO, (2018) ha obtenido 65% SST, con la aplicación de *Opuntia ficus-indica*, en sustancia gel. En conclusión, *Opuntia ficus-indica* es efectivo para la remoción de SST y también es una alternativa viable para su aplicación. (7)

## CONCLUSIONES

- Respecto a la propuesta de tratamiento, se diseñó dos pozas de sedimentación para su funcionamiento alterno con las mismas características, de 2,5 metros de altura, 2 metros de anchura con un tiempo de residencia de 5 minutos en el cual ingresa un flujo de agua de 0,0624 m<sup>3</sup>/s con tiempo de residencia de 5 minutos, con un volumen de almacenamiento de 18,72 m<sup>3</sup> con una velocidad horizontal del flujo de 0.0124m/s y una longitud del sedimentador de 4 m respectivamente.
- Después del tratamiento se realizó tres muestras respecto al nivel de sedimentación. Donde en la prueba 1 existe una variación a consecuencia que, durante la mezcla con el floculante la velocidad fue más brusca, de las cuales se ha obtenido 92,37%. En las pruebas 2 y 3 existe una semejanza ya que, durante la mezcla con el floculante, la velocidad ha sido moderada, donde se ha obtenido 91,94 % y 94,77%. Se puede evidenciar que en la prueba 3 se ha obtenido mayor porcentaje de remoción.
- En el sector de Pampilla de la Cuenca Azángaro, Ananea, se ha obtenido una concentración de 283 mg/L, comparado con el ECA, sobrepasa .
- Respecto a la sedimentación natural, se llega a la conclusión que a un tiempo de 0,0 a 140 minutos la sedimentación natural se encuentra dentro del rango 1000 a 70. Mientras que, la muestra con floculante, a un tiempo de 0,0 a 140, está dentro del rango 990 a 60. Se puede evidenciar que el tratamiento disminuye el contenido de sólidos suspendidos del sector Pampilla de la cuenca Azángaro, Ananea.

## **RECOMENDACIÓN**

- Se recomienda realizar este tipo de investigación puesto que es muy eficiente en la remoción de contenido sólidos suspendidos.
- Añadir más parámetros de calidad de agua para verificar el porcentaje de remoción.
- Comparar el floculante y coagulante, pero con otros parámetros de calidad de agua, con la misma metodología planteada.

## REFERENCIAS

1. **CHAMBI, Deysi.** *Evaluacion de la Eficiencia de Remocion de Sólidos suspendidos Totales Aplicando Dolomita y sulfato de Calcio en el Tratamiento de Efluentes de la Minera Aluvial de Ananea, Puno-2017.* Juliaca-Peru : s.n., 2019.
2. **BRAVO, Milagros.** *Remocion de Sólidos Suspendidos y Materia Organica de las Aguas del Rio Pollo en Otuzco Empleando Semillas de Caesalpinia Spinosa (Tara).* Trujillo-Peru : s.n., 2016.
3. *Contaminacion Ambiental, Variabilidad Climatica y Cambio: Una Revision del Impacto en la Salud de la Poblacion.* **Gonzales, Gustavo y Zevallos, Alisson.** Lima-Peru : Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica, 2014.
4. **RICCIO, Luis.** *Remocion de Contaminantes de Aguas Residuales Urbanas del Colector Agua de las Virgenes por Electrocoagulacion, A Nivel de Laboratorio, Utilizando Como fuente Energetica un Panel Fotovoltaico.* Huancayo-Peru : s.n., 2015.
- 4.
5. **TORRES, Vico.** *Analisis del Coagulante Natural Opuntia Ficus con Fines de Implementacion de una Planta Potabilizadora de Agua en Chalhuanca, Apurimac, 2016.* Lima-Peru : s.n., 2016. 5.
6. *Evaluation of Chemical Coagulation-Flocculation Aids for the Removal of Suspended.* **EBELING, James.** Kearneyville-USA : Aquacultural Engineering, 2003, Vol. 8. 6.
7. **GABINO, Rocio.** *Opuntia Ficus-Indica Como Coagulante para Remocion de Sólidos Suspendidos Totales del Efluente de Beneficio en Avicola La Chacra.* Huancayo-Peru : s.n., 2018. 7.
8. **SUCSO, Micaela.** *Recuperación de plomo por coagulación-floculación en la cuenca del río Suches.* Puno : Universidad Nacional del Altiplano de Puno, 2020.
9. **VARGAS, Lidia.** *Floculación.* 2021.
10. **CHAMBI, Z.** *Tratamiento de aguas residuales de lavanderias por el proceso de coagulacion-floculacion y adsorcion.* Puno - Peru : s.n., 2018.

11. **CÁRDENAS, Yolanda.** *Tratamiento de agua Coagulación y Floculación.* SEDAPAL. Lima : s.n., 2000.
12. **METTLER TOLEDO.** *Floculación.* 2020.
13. **CALANCHA, Maria.** *Evaluación de la Cinética de Sedimentación y Precipitación de Metales para Optimizar el Tratamiento de Pulpa de Relaves de la Unidad Minera San Rafael.* Universidad Nacional del Altiplano . Puno : s.n., 2018. Tesis.
14. **COLOMBIA, fibras y Normas.** *Coagulación y Floculación Definición, Tipos y Factores.* Colombia : s.n., 2004.
15. **Tejada, R.** *Tratamiento y sedimentación de la turbidez con Cal en las aguas residuales de los relaves mineros de las unidad operativa minera Santiago - B.* Puno - Peru : s.n., 2017.
16. **Orosco, C.** *Estudio de sedimentación de suspensiones y su efecto en la reducción de humedad en la pasta en proceso de la industria del cemento.* Medellin - Colombia : s.n., 2009.
17. **De Vargas, L.** *Tratamiento de agua para consumo humano - plantas de filtración rápida: Tomo I Capítulo 6 Floculación .* Lima - Peru : OPS-CEPIS.
18. **Quispe, B.** *Relación del proceso de sedimentación de sólidos totales del agua residual y el estado de las redes de alcantarillado pluvial, Moyobamba.* Moyobamba - Peru : s.n., 2020.
19. **Marín, D.** *Evaluación de la calidad de agua para fines de riego en la sub-cuenca salada de la cuenca Alto Apurímac.* Puno - Peru : s.n., 2015.
20. **HERNANDEZ, Roberto y MENDOZA, Christian.** *Metodología de la Investigación Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta.* Mexico : Mc Graw Hill Education, 2018. 8.
21. **BAENA, Guillermina.** *Metodología de la Investigación.* Mexico : Grupo Editorial Patria, 2017. 9.
22. **ANA.** *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos.* Lima : Autoridad Nacional del agua, 2016.

23. *Procedimiento de toma de muestras de sedimentos para la determinación de la radiactividad ambiental*. CSN. España : s.n., 2007.
24. **HERNANDEZ, Roberto y MENDOZA, Christian**. *Metodología de la Investigación Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. Mexico : Mc Graw Hill Education, 2018.
25. **Kirchmer, H. y Pérez, J**. *Coagulación, Programa Regional de Mejoramiento de la Calidad del agua Para Consumo Humano*. 1981.
26. **Canaza, G**. *Revisión del uso de coagulantes naturales para remoción de turbidez de agua*. Juliaca - Peru : s.n., 2020.
27. **MINSA**. *Categorías establecimientos de sector salud*. Lima - Peru : s.n., 2011.
28. **DIGESA**. *Análisis microbiológicos de aguas residuales por técnica de los tubos múltiples de fermentación (NMP)* . Lima - Peru : s.n., 2007.
29. **Zambrano, D**. *Modelo de correlación entre las variables medibles en línea que afectan el proceso de determinación de la dosis óptima de coagulante en la planta de tratamiento de agua potable de Bosconia*. Bucaramanga - Colombia : s.n., 2010.
30. **Petro Tech**. *Calidad de sedimentos*. Lima : Ministerio de Energía y Minas, 2017.
31. **Calsin, M**. *Evaluación de la concentración de Cromo, Cadmio y Plomo en sedimentos superficiales en el río Apurímac de la provincia de Caylloma-Arequipa*. Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2020.
32. **Pinillos, C**. *“Efecto de la concentración y tamaño de partícula de la cáscara de mandarina en el porcentaje de bioadsorción de Pb y Cd en medio acuoso*. Trujillo : Universidad César Vallejo, 2018.
33. **ANA**. *Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. Lima : s.n., 2016.
34. **Murrieta, E**. *Determinación de la influencia del proceso de coagulación - floculación en la calidad del agua residual del camal municipal de la ciudad de Rioja - San Martín, 2016*. Moyobamba - Perú : s.n., 2017.





## ANEXOS

### Anexo 1. Resultados de análisis de parámetros fisicoquímicos en Sedimentos

## Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Rio Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582  
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

### INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-21-00031

Pág: 1/3

#### Hoja de datos

**Señores:** EDISON QUISPE QUISPE  
**Dirección:** JR.RAMON CASTILLA 1449  
**Atención:** EDISON QUISPE QUISPE  
**Proyecto:** "REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL EN EL SECTOR PAMPILLA DE LA CUENCA AZÁNGARO, ANAÑEA 2021"

**Producto(s) Declarado(s):** Sedimento  
**Nro de muestras:** 1  
**Muestreo a cargo de(l):** EDISON QUISPE QUISPE  
**Registro de muestreo:** 015-21  
**Fecha de recepción:** 17/06/2021  
**Fecha de ensayo:** 17/06/2021  
**Fecha de emisión:** 28/06/2021  
**Condiciones de recepción de la muestra:** Adecuadas  
**Observaciones :** —

#### Metodo de ensayo aplicado

\*7002 EPA 200.7 Determinación de Arsénico en Suelos y Sedimentos (Lixiviación Ácida) por ICP -OES, Revisión 4.4.  
\*7003 EPA 200.7 Determinación de metales y elementos traza en suelos y sedimentos por ICP -OES, Revisión 4.4.  
\*7022 EPA 200.7 Determinación de Mercurio en Suelos y sedimentos (Lixiviación Ácida) por ICP -OES, Revisión 4.4.

Cod Int. #	Nombre de muestra	Zona, Urb, AAHH / Dist. / Prov. / Depart.	Punto de muestreo y/o coordenadas		Fecha de muestreo	Hora de muestreo
			Coordenadas UTM	Este / Norte		
SD21000049	LODO DE NO CRUCERO	RIO CRUCERO-PAMPILLA / ANAÑEA / PUTINA / PUNO	0431704 - 8382794		16/06/21	3:00 p. m.

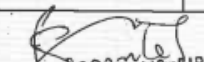
(\*) Los métodos indicados no han sido zonificados por el INACAL-DA.

\*=Valor numérico=Limite de detección del método, \*\*=Valor Numérico=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está estrictamente prohibida la reproducción, parcial o total, de este documento sin autorización expresa de LAS. Cualquier emienda o modificación en el contenido del presente documento la anula.

**Los resultados de los ensayos solo pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.**

  
**Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.**  
**Sixto Vicente Juárez Neira**  
 Gerente General  
 Ing. Químico C.I.P. 19474

# Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582  
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

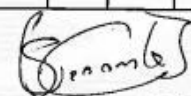
## INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-21-00031

Hoja de resultados

28/06/2021

Pág.: 2/3

Codigo Interno #	Nombre de Muestra	*7003	*7003	*7002	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7022	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	
		Ag	Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Ga	Hg	In	K	Lj	Mg	Mn	Mo
		MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	MT	
		mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	
SD21000049	LODO DE NO CRUCERO	*<0,63	3 049	42,98	*<20,0	556,6	1,18	*<2,5	2 156	2,046	21,89	54,90	16,0	>10 000	*<2,00	*<0,40	*<0,50	>10 000	99,8	>10 000	652,4	*<0,80

  
Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sixto Vicente Juárez Neira  
Gerente General  
Ing. Químico C.I.P. 19474

(\*) Los métodos indicados no han sido normalizados por el INACAL-DA.

\*=Valor numérico= Límite de detección del método, \*\*=Valor Numérico= Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Será estrictamente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización expresa de LAS. Cualquier omisión o errata en el contenido del presente documento no aplica.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

# Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado  
Arequipa Perú / Apartado 2102

Teléfono (054) 443294 Fax: (054) 444582  
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

## INFORME DE ENSAYO LAS01-SD-21-00031

Hoja de resultados

28/06/2021

Pág.: 3/3

Codigo Interno #	Nombre de Muestra	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003	*7003
		Na	Ni	P	Pb	Sb	Se	Sn	Sr	Ti	Tl	V	Zn
		MT mg/Kg	MT mg/Kg	MT mg/Kg	MT mg/Kg	MT mg/Kg	MT mg/Kg	MT mg/Kg	MT mg/Kg	MT mg/Kg	MT mg/Kg	MT mg/Kg	MT mg/Kg
SD21000049	LODO DE NO CRUCERO	823,1	33,19	388,70	103,24	*<0,80	*<0,80	*<20	20,22	564,08	1,79	76,76	31,34

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sixto Vicente Juárez Nájera  
Gerente General  
mg. Químico C.I.P. 19474

(\*) Los métodos indicados no han sido verificados por el INACAL-DA.

\*"Valor numérico"=Límite de detección del método, "Valor literario"=Límite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Está terminantemente prohibida la reproducción, total o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier violación a lo anterior es el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
Los resultados solo están relacionados a la muestra ensayada.

Anexo 2. Resultados de análisis de Sólidos Suspendidos Totales antes del proceso experimental



**Laboratorios Analíticos del Sur**  
 Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado – Arequipa – Perú  
 www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

+51 (054) 443294  
 +51 (054) 444582  
 +51 958 961 254  
 +51 958 961 253

**INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-21-00070**

Fecha de emisión: 22/06/2021

Página 1 de 3

Clave generada : 408BD913

Señores : QUISPE QUISPE EDISON  
 Dirección : JR. RAMON CASTILLA 1449 - JULIACA  
 Atención : QUISPE QUISPE EDISON  
 Proyecto : "REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS PARA MEJORAR LA CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL EN EL SECTOR PAMPILLA DE LA CUENCA AZANGARO, ANANEA 2021"

**PROTOCOLO DE MUESTREO**

Muestreo realizado por : Cliente : QUISPE QUISPE EDISON Fecha de recepción : 17/06/2021  
 Registro de muestreo : Cadena de custodia N°. 100-21 Fecha de ensayo : 17/06/2021  
 Plan de muestreo : Muestreado por el cliente  
 Procedimiento Aplicado : Muestreado por el cliente Nro de muestras : 1

Cod. Interno L.A.S.	(c) Nombre de muestra	(c) Matriz de la muestra	(c) Zona, Urb. AAHH/Diós/Prov/Depart.	(c) Punto de muestreo y/o coordenadas	(c) Fecha de inicio de muestreo	(c) Hora de inicio de muestreo
AG21000484	AGUA RIO CRUCERO	Agua Natural - Superficial - Agua de Río	RIO CRUCERO - PAMPILLA / ANANEA / PUTINA / PUNO	0431704 - 8362784	16/06/2021	17:00

(c) : Datos proporcionados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza técnica ni legalmente por esta información.

<b>Condiciones de recepción de la muestra</b>
A) ambiente
<b>Observación</b>
-

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
 Sixto Vicente Juárez Neira  
 Gerente General  
 Ing. Químico C.I.F. 19474

\*"Valor numérico"=Límite de detección del método, "\*"<Valor Numérico"=Límite de cuantificación del método  
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier arremenda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.  
 Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú-(054)443294 - (054)





Laboratorios Analíticos del Sur

# Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado – Arequipa – Perú  
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

+51 (054) 443294  
+51 (054) 444582  
+51 958 961 254  
+51 958 961 253

## INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-21-00070

Fecha de emisión: 22/06/2021

Página 2 de 3

Clave generada : 408BD913

### RESULTADOS DE ENSAYO FISICO QUÍMICO

Código Ítem L.A.S.	Nombre de Muestra	*3031 BST mg/L
AG21000484	AGUA RIO CRUCERO	49,6

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sixto Vicento Juárez Neira  
Gerente General  
Ing. Químico C.I.P. 19474

\*«Valor numérico»=Limite de detección del método, \*\*«Valor Numérico»=Limite de cuantificación del método

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados sólo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier emienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula.

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com>

Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú (054)443294 - (054)444582





# Laboratorios Analíticos del Sur

Parque Industrial Río Seco C-1 Cerro Colorado – Arequipa – Perú  
www.laboratoriosanaliticosdelsur.com

+51 (054) 443294  
+51 (054) 444582  
+51 958 961 254  
+51 958 961 253

## INFORME DE ENSAYO LAS01-AG-21-00070

Fecha de emisión: 22/06/2021

Página 3 de 3

Clave generada : 408BD913

### MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS

Código	Título	Rango de método analítico
*3031	Determinación de sólidos suspendidos en aguas SMEWW. 20m Ed. Item 2540-Sólidos D. Total Suspended Solids Dried at 100 – 105 °C	[> 2.4 - 10000] mg/l

\* : Límite de detección      † : Límite de cuantificación

Fin del informe

Laboratorios Analíticos del Sur E.I.R.L.  
Sixto Vicente Juárez Neira  
Gerente General  
Ing. Químico C.I.R. 19474

\*\*\*Valor numérico\*\*=Límite de detección del método, \*\*Valor Numérico\*\*=Límite de cuantificación del método  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización escrita de LAS. Cualquier omisión o conexión en el contenido del presente documento lo anula.  
Los resultados se aplican a la muestra como se recibió

Web: <https://www.laboratoriosanaliticosdelsur.com> Parque Ind. Río Seco C-1 C. Colorado-Arequipa-Perú (054)443294 - (054)444582.





Anexo 3. Río Azángaro en el sector de Pampilla



Anexo 4. Presencia de contaminación en el río Azángaro del sector Pampilla por Sólidos Suspendidos





Anexo 5. Toma de coordenadas del Punto de muestre de agua del rio Azángaro-sector Pampilla.



Anexo 6. Limpieza del recipiente para la recolección de muestras de agua del rio Azángaro en el sector de Pampilla.



Anexo 7. Recolección de muestras de agua del rio Azángaro en el sector de Pampilla





Anexo 8. Recolección de muestra de sedimentos del río Azángaro en el sector de Pampilla de la Cuenca Azángaro.



*ANEXO 9. Nombre de la tesis*



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS**

**"REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS PARA MEJORAR LA CALIDAD  
DE AGUA SUPERFICIAL EN EL SECTOR PAMPILLA DE LA CUENCA  
AZÁNGARO, ANAÑEA 2021"**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

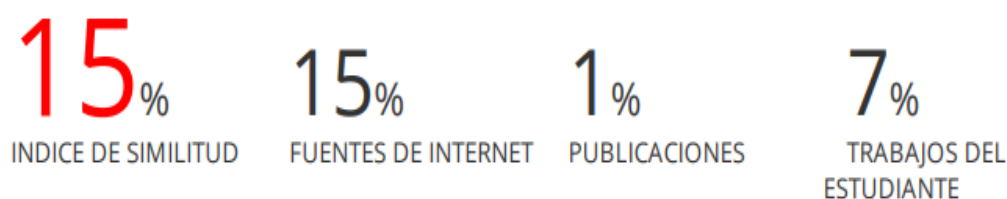
**PRESENTADO POR:  
BACH. EDISON QUISPE QUISPE**

**HUANCAYO - PERÚ**

**2021**

ANEXO 10. Resultado de similitud por el Turniting

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.continental.edu.pe	3%
	Fuente de Internet	
2	repositorio.ucv.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
3	1library.co	1%
	Fuente de Internet	
4	es.scribd.com	1%
	Fuente de Internet	
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo	1%
	Trabajo del estudiante	
6	Submitted to Universidad Continental	1%
	Trabajo del estudiante	
7	repositorio.uancv.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	
8	repositorio.unsm.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	